

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

# **ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВ**

*(для студентів 4-го курсу денної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці»)*

**Харків – ХНУМГ – 2013**

Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Пожежна безпека виробництв» (для студентів 4-го курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці»)/ Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Г. В. Фесенко. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 34 с.

**Укладач Г. В. Фесенко**

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Рецензент: доц. Я. О. Серіков

Рекомендовано кафедрою «Безпека життєдіяльності»,  
протокол № 21 від 22.05.2012 р.

# ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ІСКОР (КРАПЕЛЬ МЕТАЛІВ)

*Мета – оволодіти навичками визначення кількості теплоти, яку крапля метала здатна віддати горючому середовищу при охолодженні до температури його самозаймання.*

### Зміст роботи

#### Загальні відомості

Електричні іскри (краплі металу) утворюються при короткому замиканні електропроводки, електрозварюванні та при плавленні електродів електричних ламп розжарювання загального призначення.

Розмір крапель металу при цьому досягає 3 мм (при стельовому зварюванні – 4 мм). При короткому замиканні й під час електрозварювання частинки вилітають у всіх напрямках і їхня швидкість не перевищує 10 та  $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  відповідно.

Температура крапель залежить від виду металу й дорівнює температурі плавлення. Температура крапель алюмінію при короткому замиканні досягає  $2500^\circ\text{C}$ , температура зварювальних часток і нікелевих часток ламп розжарювання досягає  $2100^\circ\text{C}$ .

Розмір крапель при різанні металу досягає 15–26 мм, швидкість –  $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , температура –  $1500^\circ\text{C}$ . Температура дуги при зварюванні та різанні досягає  $4000^\circ\text{C}$ , тому дуга є джерелом займання всіх горючих речовин.

Зона розльоту часток при короткому замиканні залежить від висоти розташування дроту, початкової швидкості польоту часток, кута вильоту й носить імовірнісний характер.

При висоті розташування дроту 10 м імовірність потрапляння часток на відстань 9 м становить 0,06; 7 м – 0,45 та 5 м – 0,92; при висоті розташування 3 м імовірність потрапляння часток на відстань 8 м становить 0,01, 6 м – 0,29 і 4 м – 0,96, а при висоті 1 м імовірність розльоту часток на 6 м – 0,06, 5 м – 0,24, 4 м – 0,66 і 3 м – 0,99.

#### Завдання

1. Вивчити положення пункту 3 додатка 3 до ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

2. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 1.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

**Таблиця 1.1 – Вихідні дані**

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Метал, крапля якого розлітається	
Горюча речовина, у бік якої летить крапля металу	
Прискорення вільного падіння $g$ , $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	9,81
Висота падіння краплі $H$ , м	
Діаметр краплі $d_k$ , м	
Температура краплі на початку польоту $T_{\text{поч}}$ , К	
Щільність металу $\rho_k$ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	
Температура плавлення металу $T_{\text{пл}}$ , К	
Питома теплоємність розплавлення металу $C_p$ , $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	

Питома теплота кристалізації металу $C_{кр}, Дж \cdot кг^{-1}$	
Температура samozаймання горючої речовини $T_{сн}, K$	
Температура повітря у приміщенні $T_0, K$	
Коефіцієнт теплопровідності повітря $\lambda_n, Вт \cdot м^{-1} \cdot K^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря $\lambda_v, м^2 \cdot с^{-1}$	$1,51 \cdot 10^{-5}$

3. Визначити кількість теплоти, яку крапля металу здатна віддати горючому середовищу при охолодженні до температури його samozаймання.

### Порядок виконання завдання

1. Визначається середня швидкість польоту краплі при вільному падінні:

$$\omega_k = 0,5 \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, м \cdot с^{-1}. \quad (1.1)$$

2. Визначається час польоту краплі:

$$\tau = \frac{H}{\omega_k}, с. \quad (1.2)$$

3. Визначається об'єм краплі:

$$V_k = \frac{\pi d_k^3}{6} = 0,524 \cdot d_k^3, м^3. \quad (1.3)$$

4. Визначається маса краплі:

$$m_k = V_k \cdot \rho_k, кг. \quad (1.4)$$

5. Визначається площа поверхні краплі:

$$S_k = 0,785 \cdot d_k^2, м^2. \quad (1.5)$$

6. Визначається число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega_k \cdot d_k}{\lambda_v}. \quad (1.6)$$

7. Визначається критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,62 \cdot Re^{0,5}. \quad (1.7)$$

8. Визначається коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_n}{d_k}, Вт \cdot м^2 \cdot K^{-1}. \quad (1.8)$$

9. Визначається час польоту краплі у розплавленому стані:

$$\tau_p = \frac{C_p \cdot m_k}{\alpha \cdot S_k} \cdot \ln \frac{T_{поч} - T_0}{T_{пл} - T_0}, с. \quad (1.9)$$

10. Визначається час польоту краплі, протягом якого здійснюється її кристалізація:

$$\tau_{кр} = \frac{m_k \cdot C_{кр}}{\alpha \cdot S_k \cdot (T_{пл} - T_0)}, с. \quad (1.10)$$

11. Визначається кінцева температура краплі:

$$T_{кін} = \begin{cases} T_0 + (T_{поч} - T_0) \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot S_{\kappa}}{C_p \cdot m_{\kappa}} \cdot \tau\right), K, \text{ якщо } \tau \leq \tau_p; \\ T_{пл}, K, \text{ якщо } \tau_p < \tau \leq (\tau_p + \tau_{кр}); \\ T_0 + (T_{пл} - T_0) \cdot \exp\left\{-\frac{\alpha \cdot S_{\kappa}}{C_{кр} \cdot m_{\kappa}} \cdot [\tau - (\tau_p + \tau_{кр})]\right\}, K, \\ \text{якщо } \tau > (\tau_p + \tau_{кр}). \end{cases} \quad (1.11)$$

12. Визначається кількість тепла, що віддається краплею металу горючій речовині, на яку вона потрапила:

$$W = V_{\kappa} \cdot \rho_{\kappa} \cdot C_{кр} \cdot (T_{кін} - T_{сн}), Дж. \quad (1.12)$$

### Контрольні запитання

1. За яких умов утворюються електричні іскри (краплі металу)?
2. Від чого залежить температура крапель?
3. Назвіть приклади температур для крапель різних металів.
4. Що є джерелом запалювання всіх горючих речовин?
5. Від чого залежить зона розльоту часток при короткому замиканні?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

### ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ АКУМУЛЯТОРНОГО ПРИМІЩЕННЯ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

*Мета – оволодіти навичками визначення категорії акумуляторного приміщення для заряджання акумуляторних батарей СК-4 та СК-1.*

#### Зміст роботи

##### Загальні відомості

Категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення – класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення, що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення поділяють на категорії А, Б, В, Г і Д.

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначають для найбільш несприятливого щодо виникнення пожежі або вибуху періоду виходячи з виду горючих речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в апаратах і приміщеннях, їх кількості, пожежонебезпечних властивостей, особливостей технологічних процесів.

Визначати категорію приміщень треба послідовно за низхідною – від більш вибухопожежонебезпечної категорії А до Д.

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою приймаються відповідно до таблиці 2.1.

**Таблиця 2.1 – Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою**

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні
<b>А</b> Вибухопожежно-небезпечна	Горючі гази (ГГ), легкозаймисті рідини (ЛЗР) з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газопароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа
<b>Б</b> Вибухопожежно-небезпечна	Горючий пил, волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини (ГР) в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа
<b>В</b> Пожежно-небезпечна	ГГ, ЛЗР, ГР і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках <sup>1</sup> площею не менше 10 м <sup>2</sup> кожна перевищує 180 МДж/м <sup>2</sup> <sup>2</sup>

Г	Негорючі речовини і матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; ГГ, рідини та тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
Д	Речовини і матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В (крім ГГ) у такій кількості, що їх питома пожежна навантага для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше $10 \text{ м}^2$ кожна не перевищує $180 \text{ МДж/м}^2$ , а також, негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (обертаються) вищевказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і В

*Примітка 1.* Площа окремих ділянок для твердих і рідких важкогорючих, горючих та легкозаймистих речовин, що утворюють пожежну навантагу, визначають за розмірами проекції їхньої площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункових аварій на горизонтальну поверхню підлоги.

*Примітка 2.* Приміщення відноситься до категорії В, якщо його площа менше або дорівнює  $10 \text{ м}^2$  і в ньому знаходяться (обертаються) горючі матеріали і речовини, що утворюють пожежну навантагу, за умови, що приміщення не відноситься до категорій А і Б.

### Завдання

Розглядається акумуляторне приміщення для заряджання акумуляторних батарей СК-1 та СК-4 (рис. 2.1):

При розрахунку надлишкового тиску вибуху за розрахунковий приймається найбільш несприятливий у відношенні вибуху період, пов'язаний з формуванням та заряджанням повністю розряджених батарей із напругою 2,3 В на елемент і найбільшою кількістю зарядного струму, що перевищує в чотири рази максимальний струм заряджання.

Для виконання завдання необхідно:

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 2.2 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

2. Визначити категорію приміщення. В разі віднесення приміщення до категорії А, розглянути можливість зниження категорії за рахунок улаштування аварійної вентиляції, що дає змогу зменшити концентрацію водню.

3. Збільшити або зменшити задану розрахункову температуру повітря у приміщенні  $t_p$  на  $3^\circ\text{C}$ . Виконати пункт 2 завдання.

4. Зробити висновок про вплив температури повітря  $t_p, ^\circ\text{C}$  у приміщенні на надлишковий тиск вибуху  $\Delta P, \text{кПа}$  у приміщенні.

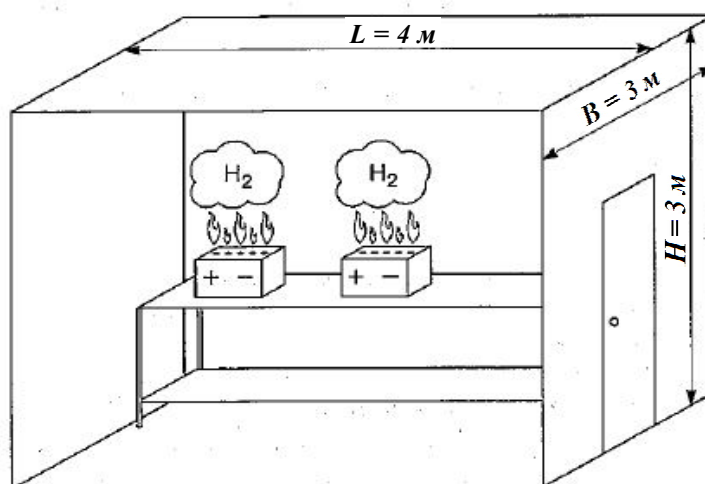


Рис. 4.1 – Схема приміщення для заряджання акумуляторних батарей

Таблиця 2.2 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Параметри приміщення	$L, м$	
	$S, м$	
	$H, м$	
Початковий тиск у приміщенні $P_0, кПа$		101
Максимальний тиск у приміщенні $P_{max}, кПа$		730
Розрахункова температура повітря у приміщенні $t_p, ^\circ C$		
Постійна Фарадея $F, А \cdot с \cdot кмоль^{-1}$		$9,65 \cdot 10^4$
Атомна одиниця маси водню $A, кг \cdot моль^{-1}$		$1 \cdot 10^{-3}$
Валентність водню $Z$		1
Розрахунковий час заряджання $T, с$		3600
Маса кіломоля водню $M, кг \cdot моль^{-1}$		2
Об'єм кіломоля газу за нормальних умов $V_0, м^3 \cdot кмоль^{-1}$		22,413
Кількість атомів водню в молекулі палива $n_H$		2
Коефіцієнт температурного розширення газу $\alpha, град^{-1}$		0,00367
Кількість акумуляторів у батареї СК-1 $n_{СК-1}, шт$		13
Максимальний струм заряджання батареї СК-1 $I_{СК-1}, А$		9
Кількість акумуляторів у батареї СК-4 $n_{СК-4}, шт$		12
Максимальний струм заряджання батареї СК-4 $I_{СК-4}, А$		36
Коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння $K_n$		3

### Порядок виконання завдання

1. Розраховується маса водню, що виділяється в одному елементі при усталеній динамічній рівновазі між силою зарядного струму та кількістю газу, що виділяється:

$$M_{IT} = \frac{I}{F} \cdot \frac{A}{Z}, кг \cdot А^{-1} \cdot с^{-1}. \quad (4.1)$$

2. Розраховується густина водню:

$$\rho_g = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_p)}, кг \cdot м^{-3}. \quad (4.2)$$



3. Розраховується об'єм водню, що надходить до акумуляторного приміщення під час заряджання двох батарей:

$$V_n = \frac{M_{IT}}{\rho_2} \cdot 4 \cdot (I_{CK-1} \cdot n_{CK-1} + I_{CK-4} \cdot n_{CK-4}) \cdot T, \text{ м}^3. \quad (4.3)$$

4. Розраховується стехіометричний коефіцієнт для водню:

$$\beta = n_C + \frac{n_H + n_X}{4} - \frac{n_0}{2}. \quad (4.4)$$

5. Розраховується стехіометрична концентрація водню:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \%. \quad (4.5)$$

6. Розраховується вільний об'єм приміщення:

$$V_{вільн} = 0,8 \cdot L \cdot S \cdot H, \text{ м}^3. \quad (4.6)$$

7. Розраховується надлишковий тиск вибуху:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{V_n \cdot Z \cdot 100 \cdot I}{V_{вільн} \cdot C_{ст} \cdot K_n}, \text{ кПа}. \quad (4.7)$$

Якщо  $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ , тобто коли це приміщення належить до категорії А, необхідно виконати пункти 8 та 9 для визначення кратності повітрообміну аварійної вентиляції, яка забезпечить зниження категорії приміщення.

8. Розраховується об'єм водню, що потрапляє до акумуляторного приміщення при розрахунковому тиску вибуху  $\Delta P^* = 4,99 (< 5 \text{ кПа})$ :

$$V_n^* = \frac{\Delta P^* \cdot V_{вільн} \cdot C_{ст} \cdot K_n}{(P_{max} - P_0) \cdot Z \cdot 100}, \text{ м}^3. \quad (4.8)$$

9. Розраховується кратність повітрообміну при надходженні визначеного у пункті 8 об'єму водню:

$$A = \frac{V_n}{V_n^*} - 1, \text{ год}^{-1}. \quad (4.9)$$

### Контрольні запитання

1. Які приміщення зараховують до категорії А за вибухопожежною та пожежною безпекою?

2. Які приміщення зараховують до категорії Б за вибухопожежною та пожежною безпекою?

3. Які приміщення зараховують до категорії В за вибухопожежною та пожежною безпекою?

4. Які приміщення зараховують до категорії Г за вибухопожежною та пожежною безпекою?

5. Які приміщення зараховують до категорії Д за вибухопожежною та пожежною безпекою?

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

#### ПРИМІЩЕННЯ ПІДГОТОВЧОГО ЦЕХУ ЛЬОНОКОМБІНАТУ У ВИПАДКУ ПОЖЕЖІ

*Мета – оволодіти навичками розрахунку необхідного часу евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.*

#### Зміст роботи

##### Загальні відомості

Характерна особливість сучасного будівництва – збільшення кількості будівель із масовим перебуванням людей. До таких будівель можна зарахувати й виробничі приміщення. Пожежі у приміщеннях цих будівель нерідко супроводжуються травмуванням і загибеллю людей. У першу чергу, це стосується пожеж, що швидко розповсюджуються.

Вони є реальною небезпекою для людини вже за декілька хвилин після виникнення й інтенсивної дії на людей небезпечних чинників пожежі (НЧП). Найбільш надійний спосіб гарантування безпеки людей у таких умовах – своєчасна евакуація з приміщення, в якому виникла пожежа.

Кожен об'єкт мусить мати таке об'ємно-планувальне й технічне виконання, за якого евакуація людей із приміщення була завершена до моменту досягнення НЧП гранично допустимих значень. У зв'язку з цим кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів визначаються залежно від необхідного часу евакуації, тобто часу, протягом якого люди мають покинути приміщення, не зазнавши небезпечного для життя і здоров'я впливу пожежі.

Дані щодо необхідного часу евакуації є також вихідною інформацією для розрахунку рівня надання безпеки людей при пожежах у будівлях. Неправильне визначення необхідного часу евакуації може призвести до ухвалення неправильних проектних рішень і збільшення вартості будівель або до недостатнього гарантування безпеки людей у разі виникнення пожежі.

Необхідний час евакуації розраховується як добуток критичної для людини тривалості пожежі на коефіцієнт безпеки.

Під *критичною тривалістю пожежі* розуміють час, після закінчення якого виникає небезпечна ситуація внаслідок досягнення одним з НЧП гранично допустимого для людини значення. При цьому передбачається, що кожен небезпечний чинник впливає на людину незалежно від інших, оскільки комплексна дія тих різних якісних і кількісних поєднань НЧП, що змінюються в часі, характерних для початкового періоду розвитку пожежі, оцінити наразі неможливо.

Коефіцієнт безпеки враховує можливу похибку при розв'язанні поставленої задачі. Він приймається таким, що дорівнює 0,8.

Таким чином, *необхідний час евакуації* – нормований проміжок часу до настання критичних значень НЧП, протягом якого люди мають залишити приміщення, будівлю, споруду.

Для визначення необхідного часу евакуації людей із приміщення, потрібно знати динаміку НЧП у зоні перебування людей (робочій зоні) та гранично допустимі для людини значення кожного з них.

До НЧП, які становлять найбільшу небезпеку для людей у приміщенні в початковий період пожежі, що швидко розвивається, можуть бути віднесені:

- підвищена температура середовища;
- дим, що призводить до втрати видимості;
- токсичні продукти горіння;
- знижена концентрація кисню.

Розрахункові формули отримано з урахуванням таких припущень:

- крізь відкриті отвори відбувається тільки витіснення газу з приміщення;
- абсолютний тиск газу у приміщенні під час пожежі не змінюється;
- відношення тепловтрат у будівельні конструкції до теплової потужності вогнища пожежі постійне в часі;
- властивості середовища й питомі характеристики матеріалу (найнижча робоча теплота згорання, димоутворювальна здатність, питомий вихід токсичних газів тощо), що горить при пожежі, постійні;
- залежність вигорілої маси матеріалу від часу є статечною функцією.

Запропонований порядок розрахунку для виконання студентами завдання є справедливим для розрахунку необхідного часу евакуації при пожежах, що швидко розповсюджуються у приміщеннях із середнім за цей період темпом збільшення температури середовища більше  $30 \text{ град}\cdot\text{хв}^{-1}$ .

Такі пожежі характеризуються наявністю біля стін циркуляційних струменів і відсутністю чіткої межі шару диму.

Використання розрахункових формул для пожеж із меншим темпом зростання температури призведе до заниження величини необхідного часу евакуації, тобто до збільшення запасу надійності при розв'язанні задачі.

### Завдання

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 3.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).
2. Визначити критичну тривалість пожежі для кожної з обраних схем її розвитку.
3. Визначити найбільш небезпечну схему розвитку пожежі.
4. Визначити необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.

**Таблиця 3.1 – Вихідні дані**

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Параметри приміщення	$L, \text{ м}$	
	$S, \text{ м}^2$	
	$H, \text{ м}$	
Маса льону, рівномірно розкладеного на підлозі $M_1, \text{ кг}$		
Маса льону, розташованого на стрічці транспортера $M_2, \text{ кг}$		
Ширина стрічки транспортера $b, \text{ м}$		
Параметр $n_1$		3
Параметр $n_2$		2
Висота відмітки зони перебування людей над підлогою приміщення $h_{\text{відм}}, \text{ м}$		
Різниця висот підлоги $\delta, \text{ м}$		
Питома масова швидкість вигорання $\Psi, \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$		$21,3\cdot 10^{-3}$
Питома теплоємність матеріалу $C_p, \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$		$1,985\cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт тепловтрат $\varphi$		0,2
Коефіцієнт повноти горіння $\eta$		0,95
Нижня теплота згорання $Q, \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$		15,7
Питома швидкість поширення полум'я $v, \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$		0,05

Продовження табл. 3.1

Початкова температура у приміщенні $t_0, ^\circ\text{C}$	20
Коефіцієнт відбиття предметів на шляху евакуації $\alpha$	
Початкова освітленість шляхів евакуації $E, \text{лк}$	
Димоутворююча здатність матеріалу $D, \text{лп} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$	3,37
Питоме споживання кисню при пожежі $L(\text{O}_2), \text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$	1,83
Питомий вихід чадного газу при пожежі $L(\text{CO}), \text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,0039
Питомий вихід вуглекислого газу при пожежі $L(\text{CO}_2), \text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,36
Гранично припустимий вміст чадного газу в атмосфері приміщення $X(\text{CO}), \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-3}$
Гранично припустимий вміст вуглекислого газу в атмосфері приміщення $X(\text{CO}_2), \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	0,11
Коефіцієнт безпеки при евакуації $k_6$	0,8

**Особливості розташування льону у приміщенні:** частина горючого матеріалу (льону) з масою  $M_1$  рівномірно розкладена на підлозі, а частина з масою  $M_2$  знаходиться на стрічці транспортера шириною  $b$ . Маса першої та другої частини льону, а також ширина стрічки транспортера вказані у варіанті завдання.

#### Обґрунтування схеми розвитку пожежі

Оскільки можливе загоряння як складованого льону, так і льону, що транспортується, можливі дві схеми розвитку пожежі. При горінні льону найбільш небезпечними токсичними продуктами горіння є чадний і вуглекислий гази.

**Указівка до розрахунків:** якщо під час обчислень критичної тривалості пожежі за наведеними нижче формулами у будь-якому з підпунктів 2.2–2.6 (формули 3.6–3.10) та 3.2–3.6 (формули 3.14–3.18) під знаком логарифма буде від'ємне число, то ця критична тривалість пожежі виключається з розгляду.

#### Порядок виконання завдання

1. Визначаються спільні для обох схем параметри.

1.1 Визначається висота робочої зони:

$$h = h_{\text{відм}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \text{ м.} \quad (3.1)$$

1.2 Визначається вільний об'єм приміщення:

$$V_{\text{вільн}} = 0,8 \cdot L \cdot S \cdot H, \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

1.3. Визначається комплекс  $B$ :

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V_{\text{вільн}}}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}. \quad (3.3)$$

1.4 Визначається параметр  $z$ :

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right). \quad (3.4)$$

2. Визначається критична тривалість пожежі для першої обраної схеми пожежі – горіння складованого льону.

2.1 Розраховується параметр  $A_1$ :

$$A_1 = 1,05 \cdot \psi \cdot v^2. \quad (3.5)$$

2.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{кр1}^{ПТ} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_l}}, c. \quad (3.6)$$

2.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр1}^{BB} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, c. \quad (3.7)$$

2.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженням вмістом кисню:

$$t_{кр1}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, c. \quad (3.8)$$

2.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр1}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, c. \quad (3.9)$$

2.6 Визначається критична тривалість пожежі по досягненню граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр1}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, c. \quad (3.10)$$

2.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр1} = \min \{ t_{кр1}^{ПТ}, t_{кр1}^{BB}, t_{кр1}^{O_2}, t_{кр1}^{CO}, t_{кр1}^{CO_2} \}, c \quad (3.11)$$

2.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту  $t_{кр1}$ :

$$m_l = A_l \cdot (t_{кр1})^{n_l}, кг. \quad (3.12)$$

2.9 Порівнюється значення  $m_l$  зі значенням  $M_l$ . Якщо  $m_l > M_l$ , то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

3 Визначається критична тривалість пожежі для другої обраної схеми – горіння льону, що розташований на стрічці транспортера.

3.1 Розраховується параметр  $A_2$ :

$$A_2 = \psi \cdot v \cdot b. \quad (3.13)$$

3.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{кр2}^{ПТ} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_2}}, c. \quad (3.14)$$

3.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр2}^{BB} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, c. \quad (3.15)$$

3.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженим вмістом кисню:

$$t_{кр2}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.16)$$

3.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр2}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.17)$$

3.6 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр2}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.18)$$

3.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр2} = \min \{ t_{кр2}^{ПТ}, t_{кр2}^{ВВ}, t_{кр2}^{O_2}, t_{кр2}^{CO}, t_{кр2}^{CO_2} \}, \text{ с} \quad (3.19)$$

3.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту  $t_{кр2}$ :

$$m_2 = A_2 \cdot (t_{кр2})^{n_2}, \text{ кг.} \quad (3.20)$$

3.9 Порівнюється значення  $m_2$  зі значенням  $M_2$ . Якщо  $m_2 > M_2$ , то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

4. Із двох схем (якщо жодна з них не виключена з розгляду) обирається та, для якої критична тривалість пожежі є мінімальною:

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр1}, t_{кр2} \}, \text{ с.} \quad (3.21)$$

5. Розраховується необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі:

$$t_{нб} = k_{б} \cdot t_{кр}, \text{ с.} \quad (3.22)$$

### Контрольні запитання

1. Як визначається кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів?
2. Які небезпечні чинники пожежі Ви знаєте?
3. Що розуміють під критичною тривалістю пожежі?
4. Що розуміють під необхідним часом евакуації?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ЛЕГКОСКИДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ ДЛЯ ВИПАДКУ УТВОРЕННЯ ПАРОПОВІТРЯНОЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОЇ СУМІШІ

*Мета – оволодіти навичками визначення площі легкоскиданої конструкції у приміщенні для випадку утворення пароповітряної вибухонебезпечної суміші.*

#### Зміст заняття

##### Загальні відомості

Забезпечення вибухозахисту будинків при внутрішніх аварійних вибухах може здійснюватися по двох напрямках:

- зниженням надлишкового тиску, що виникає при внутрішньому аварійному вибуху;
- підвищенням міцності й стійкості конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.

Поєднання обох указаних напрямів є необхідною умовою розробки оптимальних рішень по забезпеченню вибухостійкості будинків при внутрішніх аварійних вибухах.

Для зниження надлишкового тиску, що виникає при внутрішніх аварійних вибухах, використовуються легкоскидані конструкції (ЛСК).

*Легкоскидані конструкції* – спеціальні зовнішні захищаючі конструкції будівель, споруд (або їх частини), призначені для зменшення тиску при вибуху з метою забезпечення безпеки людей, збереження конструкцій і обладнання.

Як ЛСК використовується скло глухого скління приміщень і стулок віконних рам, що відкриваються всередину (ЛСК, що руйнуються), стулки віконних рам, що відкриваються назовні, двері та ворота (ЛСК, що обертаються), а також легкоскидані стінові панелі й полегшені плити перекриттів приміщень (ЛСК, що зміщуються). Стінові панелі можуть бути запроектовані як ЛСК, що обертаються.

*ЛСК, що обертається* – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху одна вісь (горизонтальна або вертикальна) залишається нерухомою, а інші точки площини конструкції при розкритті описують кола з центрами на нерухомій осі.

*ЛСК, що руйнується* – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху відбувається макроскопічне порушення суцільності матеріалу, з якого вона складається.

*ЛСК, що зміщується* – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху руйнуються елементи, за допомогою яких конструкція утримується в огорожі приміщення.

ЛСК встановлюються в приміщеннях будинків або протипожежних відсіків категорій А і Б.

За допомогою ЛСК надлишковий тиск у приміщенні при аварійному вибуху знижується до допустимої величини ( $P_{don}$ ).

При проектуванні будинків вибухонебезпечних виробництв надлишковий тиск приймають, як правило, від 3 до 5 кПа. Нижнє значення надлишкового тиску відповідає будинкам, конструкції яких не розраховані на дію аварійного вибуху.

При зменшенні  $P_{дон}$  площа ЛСК збільшується.

Для зниження надлишкового тиску, що виникає при аварійних вибухах, до величини, що допускається, в першу чергу слід використовувати скління стін приміщень і ліхтарів. При цьому як ЛСК може використовуватися скло глухого скління і стулок віконних рам, що відкриваються всередину, а також стулки віконних рам, що відкриваються назовні (краще з вертикальним шарніром).

Використання зміщуваних ЛСК у вигляді легкоскиданих стінних панелей слід передбачати в тих випадках, коли це не несе небезпеки для людей, що перебувають поблизу будинку, в якому встановлюються ЛСК.

Якщо необхідна площа прорізів, що перекриваються ЛСК, не може бути розміщена в стінах будівлі та ліхтарях, їх слід розташовувати в покритті вибухонебезпечного приміщення; при цьому легкоскидані покриття можуть бути досить ефективними лише при порівняно великому значенні надлишкового тиску вибуху.

Несучі та огорожувальні конструкції будинків, які піддаються дії надлишкового тиску  $P_{дон}$  при внутрішньому аварійному вибуху, мають бути розраховані з врахуванням цього тиску.

У будинках і приміщеннях вибухонебезпечних виробництв має бути, як правило, унеможливлено руйнування основних несучих і огорожувальних конструкцій при розрахунковій величині вибухових навантажень.

Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність, стійкість, експлуатаційні характеристики і вимагають незначних матеріальних витрат на ліквідацію цих пошкоджень.

### Завдання

1. Вивчити положення пунктів 5.1-5.3, 6.1-6.11, додатку А.3 ТКП 45-2.02-38-2006 Конструкции легкобрасываемые. Порядок расчета.
2. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді табл. 4.1.
3. Визначити площу ЛСК у зовнішньому огороженні (стінах) приміщення при використанні зміщуваних панелей.

**Таблиця 4.1 – Вихідні дані**

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Розміри приміщення	довжина $a$ , м	
	ширина $b$ , м	
	висота $h$ , м	
Допустимий надлишковий тиск вибуху в приміщенні під час горіння вибухонебезпечної суміші $\Delta P_{дон}$ , кПа		
Ступінь захаращеності приміщення будівельними конструкціями і обладнанням $\Theta_z$		
Частка об'єму, захаращеного будівельними конструкціями, що припадає на великогабаритні конструкції $\Theta_{зв}$		
Частка об'єму, захаращеного будівельними конструкціями, що припадає на малогабаритні конструкції $\Theta_{зм}$		
Назва горючої речовини		
Хімічна формула		
Молярна маса $M$ , г·моль <sup>-1</sup>		
Нижня концентраційна межа поширення полум'я $C_n$ , %		
Максимальна нормальна швидкість розповсюдження полум'я $U_{н,мах}$ , м·с <sup>-1</sup>		
Коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху $Z$		



Продовження табл. 4.1

Щільність горючого середовища при концентрації горючої речовини, що відповідає нижній концентраційній межі поширення полум'я (НКМП) $\rho_{НКМП}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$		
Щільність горючого середовища при концентрації горючої речовини, що відповідає максимальній нормальній швидкості розповсюдження полум'я $\rho_{max}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$		
Ступінь стискання продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією горючого, що відповідає НКМП $\varepsilon_{с. НКМП}$		
Ступінь стискання продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією горючого, що відповідає максимальній нормальній швидкості поширення полум'я $\varepsilon_{с. max}$		
Ступінь теплового розширення продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією пального, що відповідає НКМП $\varepsilon_{р. НКМП}$		
Ступінь теплового розширення продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією, що відповідає максимальній нормальній швидкості розповсюдження полум'я $\varepsilon_{р. max}$		
Розрахункова температура в приміщенні $t_p, ^\circ\text{C}$		
Маса парів рідини, що потрапляє до приміщення в аварійних ситуаціях $m, \text{кг}$		
Різновид віконної рами		згідно з рис. 4.1, подвійне скління
Розміри прорізу	в напрямку меншої сторони $a_{пр}, \text{м}$	
	в напрямку більшої сторони $b_{пр}, \text{м}$	
Товщина скла $h_{скл}, \text{м}$		

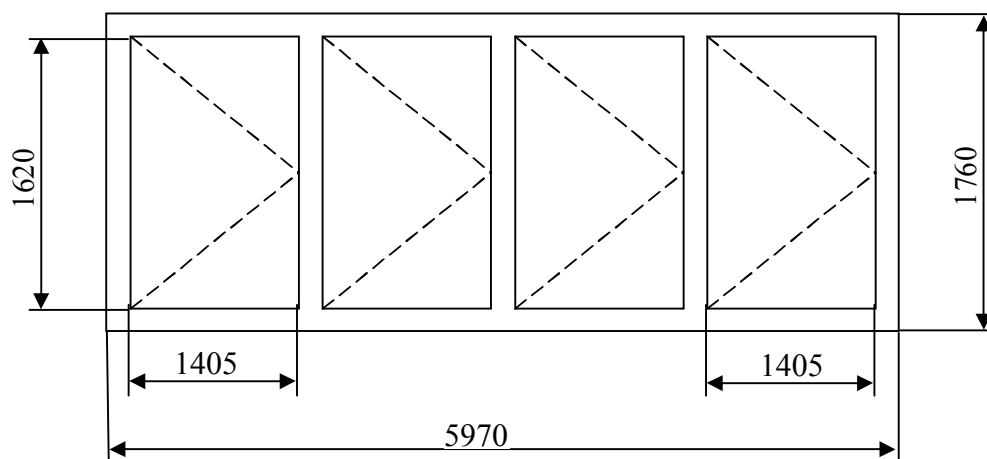


Рис. 4.1 – Схема віконної рами, що використовується як ЛСК

**Порядок виконання завдання**

1. Визначається геометричний об'єм приміщення

$$V_{пр} = a \cdot b \cdot h, \text{м}^3. \quad (4.1)$$

2. Визначається вільний об'єм приміщення

$$V_{вільн} = (1 - \Theta_z / 100) \cdot V_{пр}, \text{м}^3. \quad (4.2)$$

3. Визначається стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}. \quad (4.3)$$

де  $n_C, n_H, n_O, n_X$  – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі парів рідини.

4. Визначається стехіометрична концентрація парів рідини:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \% \quad (4.4)$$

5. Визначається розрахункова нормальна швидкість поширення полум'я:

$$U_{н.р} = 0,55 \cdot U_{н.мах}, м \cdot с^{-1}. \quad (4.5)$$

6. Визначається масова концентрація горючої речовини у горючому середовищі, яка відповідає нижній концентраційній межі поширення полум'я:

$$C_{НКМП} = \frac{10 \cdot M \cdot C_n}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, г \cdot м^{-3}. \quad (4.6)$$

7. Визначається масова концентрація горючої речовини у горючому середовищі, яка відповідає  $U_{н.мах}$ .

$$C_{мах} = \frac{10 \cdot M \cdot C_{cm}}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, г \cdot м^{-3}. \quad (4.7)$$

8. Визначається коефіцієнт ступеня заповнення об'єму приміщення вибухонебезпечною сумішшю і її участі у вибуху:

$$\mu_v = \frac{2000 \cdot m \cdot Z}{V_{вільн} \cdot (C_{НКМП} + C_{мах})}. \quad (4.8)$$

9. Визначається коефіцієнт ступеня заповнення об'єму приміщення вибухонебезпечною сумішшю:

$$\mu_v^* = \frac{\mu_v}{Z}. \quad (4.9)$$

10. Визначається розрахункова щільність газу перед займанням:

$$\rho_0 = \frac{0,5367 \cdot \mu_v^* \cdot (\rho_{НКМП} + \rho_{мах})}{1 + 0,00367 \cdot t_p} + (1 - \mu_v^*) \cdot \frac{1,294}{1 + 0,00367 \cdot t_p}, кг \cdot м^{-3}. \quad (4.10)$$

11. Визначається об'єм полум'я:

$$V_{нл} = 0,5 \cdot \mu_v \cdot V_{пр} \cdot (\varepsilon_{р.НКМП} + \varepsilon_{р.мах}), м^3. \quad (4.11)$$

12. Визначається об'єм приміщення, в якому відбувається горіння вибухонебезпечної суміші:

$$V = \begin{cases} V_{пр}, м^3, \text{ якщо } V_{нл} \geq V_{пр}; \\ V_{нл}, м^3, \text{ якщо } V_{нл} < V_{пр}. \end{cases} \quad (4.12)$$

13. За табл. 4.2 шляхом інтерполяції визначається показник інтенсифікації вибухового горіння для малогабаритних  $\alpha_m$  та великогабаритних  $\alpha_g$  конструкцій у залежності від ступеня захаращеності приміщення будівельними конструкціями та обладнанням  $\Theta_z$  і об'єму приміщення  $V_{пр}$ .

14. Для заданих значень  $\Theta_{зв}$  і  $\Theta_{зм}$  визначається усереднений показник інтенсифікації вибухового горіння:

$$\alpha_{г,м} = \Theta_{зк} / 100 \cdot \alpha_g + \Theta_{зм} / 100 \cdot \alpha_m. \quad (4.13)$$

15. Визначається розрахункова ступінь стискання продуктів горіння при вибуху:

$$\varepsilon_c = 0,5 \cdot (\varepsilon_{с.НКМП} + \varepsilon_{с.мах}). \quad (4.14)$$

Якщо  $\varepsilon_c < 6$ , слід приймати  $\varepsilon_c = 6$ . За відсутності вихідних даних допускається приймати  $\varepsilon_c = 8$ .

16. Визначаються розрахункові коефіцієнти  $\mu_1$  і  $\mu_2$ :

$$\mu_1 = \frac{0,05}{\varepsilon_c - 1}. \quad (4.15)$$

$$\mu_2 = \frac{1,3}{\varepsilon_c}. \quad (4.16)$$

17. Визначається коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення приміщення вибухонебезпечною сумішшю

$$\beta_\mu = \begin{cases} 0, \text{ якщо } \mu_v \leq \mu_1; \\ 1, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2; \\ \frac{\mu_v - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1}, \text{ якщо } \mu_1 < \mu_v < \mu_2. \end{cases} \quad (4.17)$$

18. Визначається коефіцієнт, що враховує вплив форми приміщення та ефект витікання продуктів горіння вибухонебезпечної суміші:

$$K_\phi = \begin{cases} \frac{0,5 \cdot (b^2 + h^2)}{\sqrt[3]{V_{np}^2}}, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2, h \leq a; \\ \frac{0,5 \cdot (b^2 + a^2)}{\sqrt[3]{V_{np}^2}}, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2, h > a; \\ 1, \text{ якщо } \mu_v \leq 0,01; \\ 0,35 + \frac{0,65 \cdot (\mu_v - \mu_1)}{\mu_2 - \mu_1}, \text{ якщо } 0,01 < \mu_v < \mu_2. \end{cases} \quad (4.18)$$

Якщо значення  $K_\phi > 1$  або  $K_\phi < 0,35$ , то приймають  $K_\phi = 1$  або  $K_\phi = 0,35$  відповідно.

19. Визначається мінімальна площа ЛСК у зовнішньому огороженні приміщення:

$$S_{min}^{ЛСК} = \frac{0,105 \cdot U_{н.р} \cdot \alpha_{в,м} \cdot (\varepsilon_c - 1) \cdot \beta_\mu \cdot K_\phi \cdot \sqrt[3]{V_{вільн}^2} \cdot \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{\Delta P_{дон}}}, \text{ м}^2. \quad (4.19)$$

20. Визначається розрахункова швидкість розповсюдження полум'я:

$$U_p = 0,5 \cdot \alpha_{в,м} \cdot U_{н.р} \cdot (\varepsilon_{р.НКМП} + \varepsilon_{р.мах}), \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (4.20)$$

21. Визначається розрахунковий розмір меншої сторони скла:

$$a_{ск} = a_{np} + 3 \cdot h_{ск}, \text{ м}. \quad (4.21)$$

22. Визначається розрахунковий розмір більшої сторони скла:

$$b_{ск} = b_{np} + 3 \cdot h_{ск}, \text{ м}. \quad (4.22)$$

23. Визначається площа скла:

$$S_{ск} = a_{ск} \cdot b_{ск}, \text{ м}^2. \quad (4.23)$$

24. Визначається коефіцієнт, що залежить від відношення сторін скла:

$$\lambda_{ск} = \frac{a_{ск}}{b_{ск}}. \quad (4.24)$$

25. За табл. 4.3 визначається коефіцієнт  $K_{Sh}$ , який встановлює взаємозв'язок між площею та товщиною скла, що використовується для улаштування ЛСК.

26. За табл. 4.4 визначається коефіцієнт  $K_\lambda$ , що залежить від співвідношення сторін листа скла.

27. Визначається значення приведенного тиску відкриття подвійного віконного скління:

$$\Delta P_{дон}^* = \frac{\Delta P_{дон}}{K_{Sh} \cdot K_\lambda}, \text{кПа}. \quad (4.25)$$

28. Визначається коефіцієнт відкриття подвійного віконного скління  $K_{відкр}$  при вибуху за табл. 4.5.

29. Визначається площа ЛСК у зовнішньому огороженні при використанні подвійного скління:

$$S_{ЛСК} = \frac{S_{мин}^{ЛСК}}{K_{відкр}}, \text{м}^2. \quad (4.26)$$

**Таблиця 4.2 – Показники інтенсифікації вибухового горіння  $\alpha_v$  і  $\alpha_m$**

Ступінь заха- щеності примі- щення будівель- ними конструкці- ями і обладнанням $\Theta_z, \%$	Показники інтенсифікації вибухового горіння $\alpha_v$ і $\alpha_m$ при об'ємі приміщення $V_{пр}, \text{м}^3$							
	100		1000		10 000		100 000 і більше	
	МГ, $\alpha_m$	ВГ, $\alpha_v$	МГ, $\alpha_m$	ВГ, $\alpha_v$	МГ, $\alpha_m$	ВГ, $\alpha_v$	МГ, $\alpha_m$	ВГ, $\alpha_v$
$\leq 3$	4	4	5	5	6	6	7	7
6	5	4	7	5	10	6	15	10
10	5	4	8	5	15	8	25	15
$\geq 15$	6	4	10	6	18	10	30	20

*Примітки:*

1. МГ – малогабаритні будівельні конструкції і обладнання, ВГ – великогабаритні будівельні конструкції і обладнання.

*Обладнання великогабаритне (конструкція будівельна великогабаритна)* – обладнання (будівельна конструкція), лінійні розміри якого (якої) по ширині, висоті й довжині перевищують 1,5 м.

*Обладнання малогабаритне (конструкція будівельна малогабаритна)* – обладнання (будівельна конструкція), що його (її) розміри або окремого елемента, який може бути розглянутий як самостійна перешкода на шляху розповсюдження полум'я, – не перевищують 0,75 м по ширині, висоті й довжині або що при відносно великій довжині (трубопровід, колона, елементи стрижневих систем і т. ін.) має поперечний перетин не більше 0,75x0,75 м.

2. Якщо  $\Theta_z$  визначити неможливо, допускається приймати, що будівельні конструкції та обладнання займають 20 % об'єму приміщення  $V_{пр}$ .

3. Для проміжних значень  $V_{пр}$  і  $\Theta_z$ , а також за наявності в приміщенні як малогабаритних, так і великогабаритних будівельних конструкцій і обладнання

значення  $\alpha_g$  і  $\alpha_m$  визначається лінійною інтерполяцією. Якщо  $V_{np} < 100 \text{ м}^3$ , значення  $\alpha_g$  і  $\alpha_m$  визначаються лінійною інтерполяцією, умовно приймаючи, що при  $V_{np} = 0 \text{ м}^3$  значення  $\alpha_g$  або  $\alpha_m$  буде дорівнювати 2.

4. У разі відсутності даних по процентному співвідношенню між МГ і КГ допускається приймати, що об'єм, який займає КГ, складає  $0,6 \cdot \Theta_3$ , а МГ –  $0,4 \cdot \Theta_3$ .

**Таблиця 4.3 – Коефіцієнт  $K_{Sh}$ , що встановлює взаємозв'язок між площею  $S_{ск}$   $\text{м}^2$  та товщиною скла  $h_{ск}$   $\text{м}$ , яке використовується для улаштування ЛСК**

$h_{ск}$ $\text{м}$	$K_{Sh}$ при $S_{ск} \text{ м}^2$										
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5
0,003	0,435	0,370	0,320	0,280	0,267 5	0,255	0,235	–	–	–	–
0,004	–	0,550	0,480	0,420	0,397 5	0,375	0,335	0,305	0,260	–	–
0,005	–	–	–	–	0,535	0,500	0,450	0,410	0,340	0,285	0,250

**Таблиця 4.4 – Коефіцієнт  $K_\lambda$ , що залежить від співвідношення сторін листа скла  $\lambda_{ск}$**

$\lambda_{ск}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$K_\lambda$	1,25	1,11	1,04	1,01	1,00	1,01	1,06	1,15

**Таблиця 4.5 – Коефіцієнт відкриття подвійного віконного скління  $K_{відкр}$  в залежності від приведенного тиску відкриття подвійного віконного скління  $\Delta P_{дон}^*$ ,  $\text{кПа}$**

$\Delta P_{дон}^*$ , $\text{кПа}$	$K_{відкр}$	$\Delta P_{дон}^*$ , $\text{кПа}$	$K_{відкр}$	$\Delta P_{дон}^*$ , $\text{кПа}$	$K_{відкр}$
7	0	15	0,379	23	0,894
8	0,004	16	0,474	24	0,912
9	0,014	17	0,564	25	0,924
10	0,036	18	0,648	26	0,931
11	0,074	19	0,721	27	0,935
12	0,130	20	0,782	28	0,938
13	0,202	21	0,831	29	0,939
14	0,287	22	0,867	30	0,940

Примітка. При  $\Delta P_{дон}^* \leq 7 \text{ кПа}$   $K_{відкр} = 0$ , при  $\Delta P_{дон}^* \geq 30 \text{ кПа}$   $K_{відкр} = 0,94$

### Контрольні запитання

1. У яких приміщеннях улаштовують ЛСК?
2. Якої товщини скло застосовується у віконних рамах, що використовуються як ЛСК?
3. Які ви знаєте ЛСК, що руйнуються?
4. Які ви знаєте ЛСК, що зміщуються?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

### ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ РЕКТИФІКАЦІЇ

*Мета – вивчити особливості забезпечення пожежної безпеки процесів ректифікації.*

#### Зміст роботи

Ректифікація – це якнайповніше розділення сумішей рідин, цілком або частково розчинних одна в одній. Процес ректифікації полягає в багатократній взаємодії пари з рідиною – флегмою, отриманою при частковій конденсації пари. Основними типами апаратів для проведення процесу ректифікації є колони (далі – РК) ректифікацій, які за будовою можуть бути з тарілками і насадками. Основною особливістю РК є те, що для проведення ректифікації вони мають бути забезпечені відповідною теплообмінною апаратурою (кип'ятильником, підігрівачем, конденсатором-дефлегматором, холодильниками дистиляту і кубового залишку).

Кип'ятильники (підігрівачі) призначені для забезпечення утворення висхідного по РК потоку пари і можуть бути вбудованими в колони (рис. 5.1, а) або виносними (рис. 5.1, б), а конденсатори-дефлегматори – для отримання флегми за рахунок часткової конденсації парової фази, що виходить. Варіанти розташування дефлегматорів наведено на рис. 5.2.

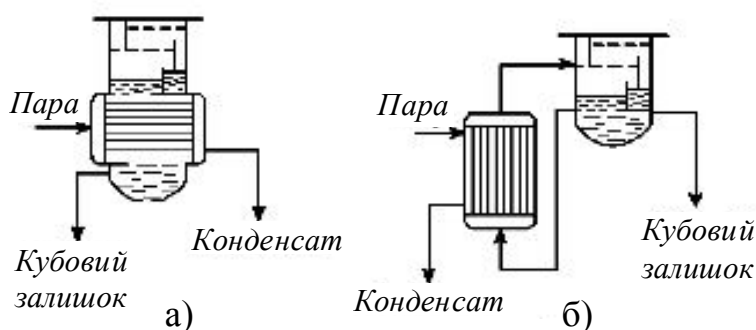


Рис. 5.1 - Варіанти розташування кип'ятильників:  
а - вбудованого; б - виносного

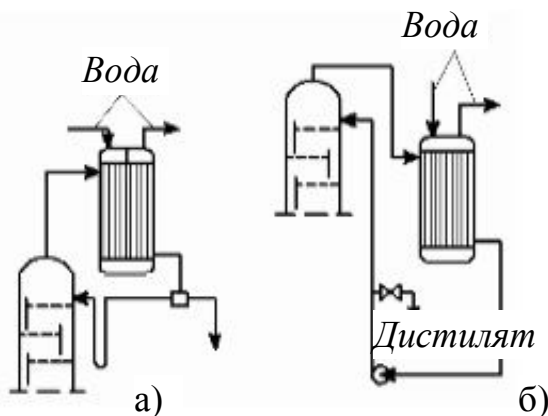


Рис. 5.2 - Варіанти розташування дефлегматорів: а - подачею флегми самопливом; б - подачею флегми насосом

Процеси ректифікації проводять на установках безперервної або періодичної дії. В установці безперервної дії (рис. 5.3) необхідно, щоб суміш, яка надходить на розділення, стикалася із зустрічним потоком пари з більшою концентрацією компоненту, що кипить за високої температури, ніж у рідкій суміші.

Тому початкову суміш подають в те місце РК 3, яке відповідає цій умові. Місце введення початкової суміші, нагрітої до температури кипіння в підігрівачі 2, називають тарілкою живлення, або живильною тарілкою. Тарілка живлення ділить колону на дві частини: верхню (зміцнюючу) і нижню (вичерпну). У зміцнюючій частині відбувається збагачення пари компоненту, що кипить за низької температури (НК), який піднімається, а у вичерпній – видалення НК. Потік пари, що піднімається по РК, підтримується випаровуванням частини кубової рідини в кип'ятильнику 4,

потік рідини, поточної по колоні зверху вниз, поверненням частини флегми, яка утворюється при конденсації пари, котра виходить з колоні, в дефлегматорі 5.

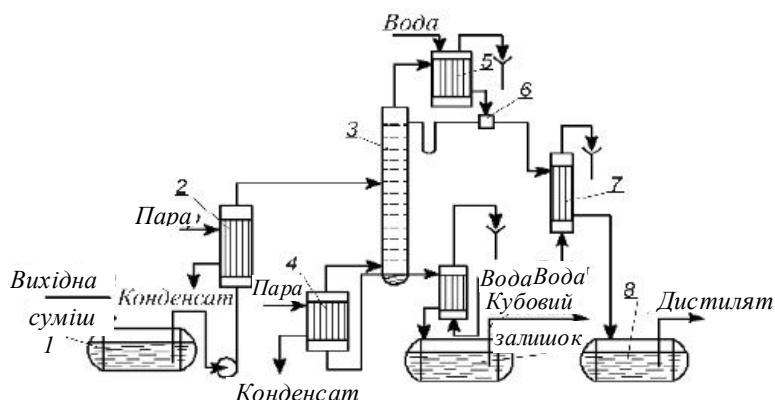


Рис. 5.3 - Схема установки ректифікації безперервної дії:

- 1 - ємність для вихідної суміші; 2 - підігрівач; 3 - колона; 4 - кип'ятильник;  
5 - дефлегматор; 6 - дільник флегми; 7 - холодильник; 8 - збірник дистиляту;  
9 - збірник кубового залишку

При безперервній ректифікації багатокомпонентних сумішей в установці мати бути не одна колона, а більше, оскільки в одній колоні можна розділити суміш тільки на два продукти.

Установки ректифікації, що періодично діють, – застосовують, як правило, для розділення рідких сумішей у тих випадках, коли використання установок, котрі безперервно діють, недоцільне. Звичайно це характерно для технологічних процесів, у яких кількості сумішей, що підлягають розділенню сумішей невелика і потрібний певний час для накопичення цих продуктів перед розділенням, або в умовах частого змінюваного складу вихідної суміші. Періодичну ректифікацію проводять на установках, схему якої наведено на рис. 5.4.

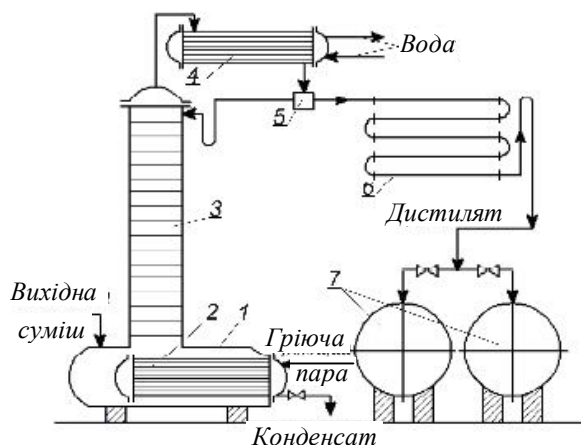


Рис. 5.4 - Схема установки для проведення періодичної ректифікації

Вихідну суміш періодично завантажують до куба-кип'ятильника 1, забезпеченого підігрівачем 2, до якого подається теплоносії, наприклад насичена водяна пара, і доводять до кипіння. Пари, що утворюються, піднімаються по колоні 3, у якій відбувається протипотокова взаємодія цієї пари з рідиною (флегмою), що надходить з дефлегматора 4. Частина конденсату після подільника потоку 5 повертається в колону у вигляді флегми, інша частина – дистилят Р – через холодильник 6 збирається в збірниках 7 у вигляді окремих фракцій. Про-

цес ректифікації закінчують зазвичай після того, як буде досягнуто заданий середній склад дистилляту. Таким чином, колона 3 є аналогом зміцнюючої частини колони безперервної дії, а куб виконує роль вичерпної частини.

Пожежна небезпека процесів ректифікації визначається пожежонебезпечними властивостями речовин і режимом роботи РК (температура, тиск).

Більшість колон працюють під невеликим тиском 0,12...0,7 МПа. При нормальних режимах роботи, в РК, що працюють під надмірним тиском, утворення горючої суміші неможливе. Горючі концентрації усередині РК можуть утворюватися в періоди зупинки на ремонт і пуску колон після ремонту. При аваріях або несправностях у колонах, які працюють під тиском, можливі: вихід і займання продукту, якщо продукт нагрітий до температури самозаймання і вище, а в колонах, які працюють під вакуумом, - підсмоктування повітря і утворення вибухонебезпечних концентрацій усередині колони.

Причини утворення нещільності й пошкоджень у РК: підвищення тиску, температурні й механічні дії, хімічний знос обладнання. Підвищення тиску є наслідком порушень матеріального й енергетичного балансів, процесу нормальної конденсації парової фази, попадання у високонагріті РК рідин з низькою температурою кипіння.

Джерелами запалювання у процесах ректифікації можуть бути: вогняні роботи; самозаймання нагрітого продукту; самозаймання пірофорних відкладень; нагріті поверхні РК й іншого обладнання.

Пожежа на колоні ректифікації може швидко досягти великих масштабів, оскільки в результаті аварії можливий вихід назовні великої кількості горючої рідини та її пари. Ті пари горючої рідини, що виходять назовні, можуть привести до утворення вибухонебезпечних концентрацій в об'ємі приміщень або на території відкритих майданчиків. Розповсюдженню пожежі сприяють системи виробничої вентиляції й каналізації.

Специфічні вимоги пожежної безпеки при проведенні процесів ректифікації:

- на відкритих майданчиках обладнання ректифікації має розміщуватися групами з урахуванням їх пожежної небезпеки;

- перед пуском мають бути оглянуті всі пов'язані з РК апарати і трубопроводи, перевірена їх справність і готовність до роботи, справність контрольно-вимірювальних приладів, регуляторів температури і тиску в колоні, вимірників рівня рідини в нижній частині колони, приймачах ректифікату, рефлюксних ємностях і ємностях залишку;

- РК, установлені на відкритих майданчиках, мають бути обладнані стаціонарною або напівстаціонарною системою пожежогасіння (колони для розділення СГГ, а також колонні апарати заввишки 40 м і більше) мають бути забезпечені стаціонарними системами водяного або легко-пінного охолодження і гасіння;

- прилади автоматичного контролю рівня рідини в сепараторах мають бути у справному стані. За відсутності стаціонарних приладів має здійснюватися лабораторний контроль з періодичністю, визначеною у виробничих інструкціях;

- колони необхідно обладнати запобіжними клапанами;

- викинута через клапан флегма має відводитися в дренажні системи;

- пошкоджені ділянки теплоізоляції РК і їхніх опор мають своєчасно відновлюватися. Теплоізоляція має бути чистою, справною і виконаною так, щоби при витоках не могла утворитися прихована теча рідини по корпусу;



- при розгоні рідин, що полімеризуються, необхідно вживати заходів проти утворення і відкладення полімерів у колоні (подача інгібіторів) і періодично проводити очищення від відкладень;
- перед відкриттям нижнього люка РК до апарата необхідно подати пару або мати наготові підключений до парової гребінки шланг;
- при перемиканні ліній має виключатися потрапляння в колону води або інших низькокиплячих рідин;
- після промивання і продування колони має проводитися повне видалення води і конденсату;
- при подачі гострої пари до РК має проводитися його звільнення від конденсату, що утворюється в паровій лінії;
- щоб уникнути прояву високої температурної напруги в стінках апаратів установки ректифікації, яка може виникнути під впливом атмосферних опадів або при пожежі, трубопроводи на прямих ділянках необхідно обладнати температурними компенсаторами; захищати теплоізоляцією опорні металеві конструкції (опори, острішка, етажерки та ін.);
- на відкритих установках у зимовий час спускові та дренажні лінії, а також ділянки трубопроводів подачі замерзаючих рідин (води, лугу та інших рідин) повинні мати справне утеплення;
- ремонтні роботи в колоні можуть проводитися лише після повного видалення продукту і продування РК парою.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке ректифікація?
2. Що є основними типами апаратів для проведення процесу ректифікації, та в чому полягають їх особливості?
3. Для чого призначені кип'ятильники (підігрівачі)?
4. Для чого призначені конденсатори-дефлегматори?
5. Для чого застосовують установки безперервної дії?
6. Із чого складається установка безперервної дії?
7. Для чого застосовують установки періодичної дії?
8. Чим визначається пожежна небезпека процесів ректифікації?
9. Із чого складається установка для проведення періодичної ректифікації?
10. Коли можуть утворюватися горючі концентрації усередині РК?
11. У чому полягають причини утворення нещільності та пошкоджень у РК?
12. Що може бути джерелами запалювання в процесах ректифікації?
13. До чого може призвести пожежа на РК?
14. Що необхідно робити за відсутності стаціонарних приладів автоматичного контролю рівня рідини в сепараторах?
15. Як має розміщуватися на відкритих майданчиках обладнання ректифікації?
16. Чим мають обладнуватися РК, установлені на відкритих майданчиках?
17. Які вимоги висуваються до теплоізоляції РК?
18. Яких заходів необхідно вживати при розгоні рідин, що полімеризуються?
19. Що необхідно зробити перед відкриттям нижнього люка РК?
20. Що має виключатися при перемиканні ліній?
21. Що проводиться після промивання і продування РК?
22. Що проводиться при подачі гострої пари до РК?
23. Які заходи вживаються для уникнення прояву високої температурної напруги в стінках апаратів установки ректифікації, яка може виникнути під впливом атмосферних опадів або при пожежі?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

### ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ХІМІЧНИХ РЕАКТОРІВ

*Мета – вивчити особливості забезпечення пожежної безпеки хімічних реакторів.*

#### Зміст роботи

*Хімічний реактор* – це апарат для проведення хімічних реакцій.

Хімічні реактори класифікуються за способом організації процесу; за тепловим режимом; режиму руху реакційного середовища; фазовим станом початкових реагентів; конструктивним оформленням теплообмінних пристроїв.

За способом організації процесу розрізняють реактори періодичної, напівбезперервної та безперервної дії. У реакторах періодичної дії початкову сировину (реагенти) завантажують через певні проміжки часу. Після здійснення хімічних перетворень продукти реакції вивантажують із реактора. Після закінчення розвантаження реактора і його повторного завантаження процес повторюється. Таким чином, у реакторах періодичної дії всі його стадії (завантаження, реакція, розвантаження), протікають в одному місці (в одному апараті), але в різний час.

У реакторах напівбезперервної (комбінованої) дії один із початкових реагентів завантажуються безперервно, інший – періодично. Іноді реагенти надходять до реактора періодично, продукти реакції вивантажуються безперервно.

У реакторах безперервної дії надходження початкових реагентів, сама хімічна реакція і вивантаження продуктів реакції проводяться одночасно і безперервно, але роз'єднані в просторі, тобто здійснюються в різних частинах одного апарата.

За тепловим режимом реактори бувають ізотермічні, адіабатичні, з програмованим тепловим режимом.

Реактори, в яких процес протікає при постійній температурі в усіх точках реакційного об'єму, називають ізотермічними. Досягти постійності температури в реальних умовах дуже складно, тому для більшості реакторів найбільш характерним є політропічний режим, тобто часткове відведення тепла реакції або підведення тепла ззовні. Для відведення і підведення тепла використовуються відповідні тепло- і холодоагенти.

Реактори, що працюють без теплообміну з навколишнім середовищем, називаються адіабатичними. Все тепло, що виділяється (або що поглинається) в реакторі, акумулюється реакційною сумішшю. Ці реактори прості за конструкцією, у них немає теплообмінних пристроїв. Для створення адіабатичного режиму використовують теплоізоляцію.

У реакторах із програмованим тепловим режимом теплообмін здійснюється відповідно до заданої програми зміни температури по висоті реактора або в певних точках реакційного об'єму (у певні проміжки часу).

По режиму руху реакційного середовища розрізняють реактори витіснення і реактори з перемішуванням (при безперервній дії реактора).

Реактор витіснення (рис. 6.1) характеризується тим, що в ньому всі частинки заповнюючого продукту рухаються в заданому напрямі, не перемішую-

чись із частинками, що рухаються попереду і ззаду, повністю витісняючи, подібно до поршня, частинки потоку, що є попереду. Час перебування всіх частинок реакційного середовища в апаратах ідеального витіснення однаковий. Склад реакційної суміші змінюється поступово, по довжині (висоті) реактора, унаслідок протікання хімічної реакції.

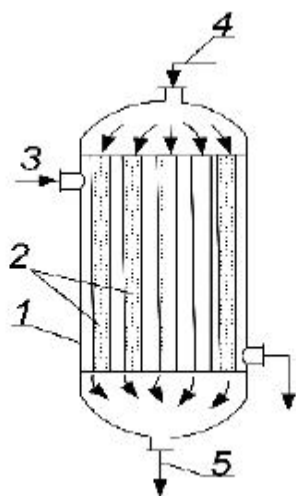


Рис. 6.1 - Реактор витіснення трубчастого типу: 1 – корпус; 2 – каталізатор; 3 – теплоносій (холодоагент); 4 – початкові продукти; 5 – продукти реакції

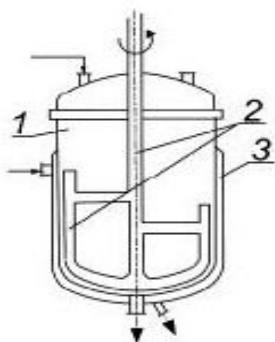


Рис. 6.2 - Схема реактора зі скребковою мішалкою: 1 – корпус; 2 – мішалка; 3 – сорочка для підігрівання й охолодження

Реактори з перемішуванням (рис. 6.2, 6.3), характеризуються тим, що реагенти, що надходять до них, інтенсивно перемішуються за допомогою мішалки. Реагенти безперервно подаються до реактора, а продукти реакції безперервно виводяться. Частинки, що поступають до такого реактора, миттєво змішуються з частинками, що вже є в ньому. В результаті в усіх точках реакційного об'єму вирівнюються параметри, що характеризують протікаючий процес.

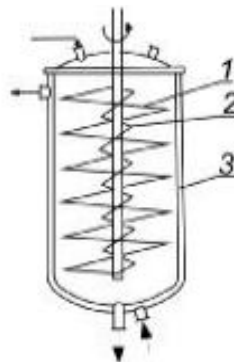


Рис. 6.3 - Схема реактора зі спіральною мішалкою: 1 – спіраль великого діаметра; 2 – спіраль малого діаметра; 3 – сорочка охолодження

За фазовим станом вихідних реагентів реактори бувають гомогенні й гетерогенні. Гомогенним називають реактор, якщо в ньому реагуючі речовини перебувають в одній фазі, наприклад тільки в рідкій або тільки в газоподібній, а гетерогенним – якщо в реакторі реагуючі речовини розміщуються в різних агрегатних станах.

За конструктивним виконанням теплообмінних пристроїв розрізняють реактори з сорочкою, з внутрішніми змійовиками, із зовнішнім (внутрішнім) теплообмінником і з подвійними трубками.

Система теплообміну може бути безперервною і ступінчастою. На рис. 6.4 наведено найбільш поширені теплообмінні пристрої, вживані в реакторах із перемішуванням, а на рис. 6.5 – у реакторах витіснення.

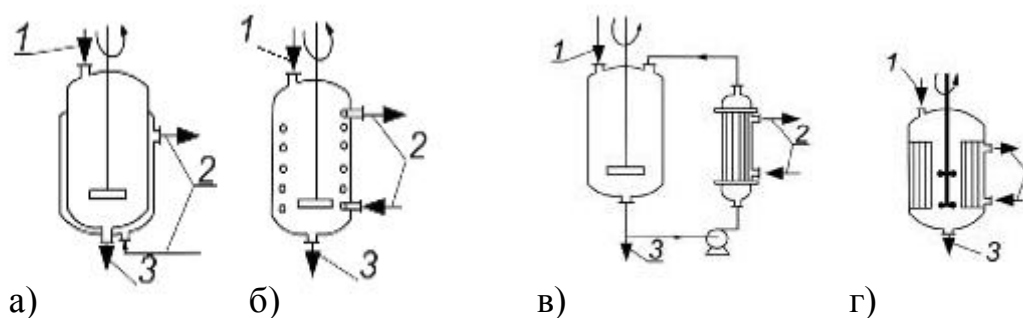


Рис. 6.4 – Схема теплообмінних пристроїв у реакторах з перемішуванням: а – апарат з сорочкою; б – апарат з внутрішнім змійовиком; в – апарат із зовнішнім теплообмінником; г – апарат з внутрішнім теплообмінником; 1 – вихідна речовина; 2 – теплоносій; 3 – продукти реакції

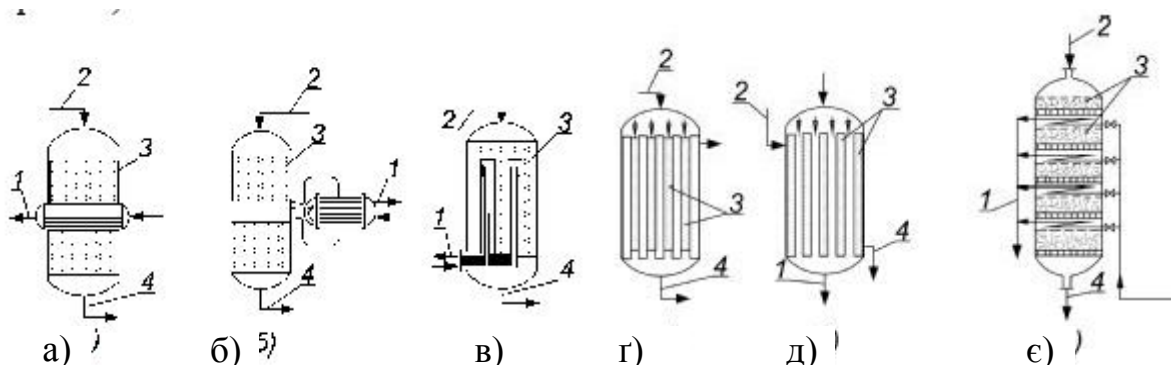


Рис. 6.5 - Схеми теплообмінних пристроїв у реакторах витіснення: а – внутрішній теплообмінник; б – зовнішній теплообмінник; в – подвійні трубки; г, д – кожухотрубчасті теплообмінники; е – внутрішні змійовики; 1 – теплоносій (холодоагент); 2 – вихідна речовина; 3 – каталізатор; 4 - продукти реакції.

Безперервне відведення (підведення) тепла здійснюється через теплообмінну поверхню по всій висоті реактора. При ступінчастому відведенні (підводі) тепла реактор ділиться на адіабатичні секції з проміжним охолодженням (підігрівом).

У реакторах, окрім хімічних, ідуть і фізичні процеси, за допомогою яких створюються оптимальні умови для здійснення хімічних реакцій (підтримуються певна температура, тиск, швидкість перемішування й ін.). Тому хімічні реактори з'єднуються з іншими технологічними апаратами (компресорами, насосами, теплообмінниками, сепараторами).

Машини й апарати, що поєднані між собою в певній послідовності, утворюють технологічну схему. При цьому апарати, розташовані до реактора, призначені для підготовки і подачі вихідних реагентів у реактор, а розташовані після реактора – для виділення цільового продукту, що отримується в результаті хімічних перетворень.

Пожежну небезпеку хімічних реакторів визначають фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості вихідних реагентів і продуктів реакції; властивості реакційного середовища і каталізаторів (ініціаторів), що застосовуються; пара-

метри процесу, що проходить у реакторі (тиск, температура, об'ємна або масова швидкість); тип і конструктивні особливості реактора.

Горюче середовище в період нормального ведення технологічного процесу в реакторі не утворюється, оскільки в початкових реагентах і продуктах реакції відсутній окиснювач. Горюче середовище може утворитися в періоди завантаження або вивантаження, при заміні відпрацьованого каталізатора, якщо порушується безпечне співвідношення між паливом і окиснювачем при подачі їх у реактор.

Каталізатори можуть бути вибухопожежонебезпечними і стати джерелами запалювання. Органічні сполуки мають велику хімічну активність, самозаймаються на повітрі, реагують (із вибухом) з водою та іншими речовинами. Для збільшення поверхні контакту каталізатора з речовиною його наносять на пористу основу (активоване вугілля, силікагель, кераміку й ін.) із розвиненою поверхнею. Каталізатори, приготовані на основі активованого вугілля, схильні до самозаймання.

Шляхи розповсюдження пожежі: при нормальному ході технологічного процесу вихід ГГ, пари і рідин із реакторів виключений, оскільки вони зачинені герметично. Вихід горючих речовин до виробничого приміщення або на відкритий майданчик можливий тільки у разі пошкоджень або виникнення аварій. Пошкодження (аварії) реакторів можуть відбутися при порушенні матеріального балансу в реакторі, збільшенні швидкості хімічної реакції (приводить до значного підвищення тиску і температури в реакторі) і зниженні механічної міцності стінок реактора.

*Основні вимоги пожежної безпеки при улаштуванні й експлуатації хімічних реакторів:*

- експлуатація реакторів із вимкненими або несправними контрольно-вимірювальними і регулюючими приладами, засобами і системами протипожежної безпеки не допускається;
- у реакторному відділенні не допускається приготування розчинів вибухопожежонебезпечних компонентів. Ця операція має проводитися в спеціально обладнаному приміщенні;
- завантаження порошкоподібних вибухопожежонебезпечних речовин необхідно здійснювати при справній системі місцевих відсмоктувачів або використовувати ці речовини у вигляді попередньо підготовлених суспензій;
- не допускається експлуатація реакторів та інших апаратів при заповненні гідравлічних затворів нижче необхідного рівня;
- відбір проб із реакторів через несправні пробовідбірні пристрої не допускається;
- при використанні металоорганічних каталізаторів необхідно контролювати вміст кисню і вологи у вихідній сировині, інертному газі з періодичністю, встановленою технологічним регламентом;
- для запобігання підвищенню тиску в контактних апаратах, що живляться через випарники, не допускається потрапляння до них рідини, що не випарувалася;

– у реакторах, в яких відбувається перемішування вибухонебезпечних речовин, необхідно забезпечити надійну роботу мішалок і контролювати герметичність сальникових ущільнень валу мішалок. При зупинці мішалки або порушенні герметичності валу мішалки реактор має бути зупинений;

– у реакторах із використанням твердого каталізатора (у вигляді зерен, стружки і тому подібного) і необхідністю перемішування маси, мішалку після зупинки не допускається вмикати повторно без попереднього розвантаження апарата від твердого каталізатора;

– у рідинних реакторах не допускається перевищення регламентованого рівня рідини. Пристрої, які регулюють висоту шару рідини, мають бути справними;

– при відведенні надмірного тепла реакції за рахунок випаровування води або ін. рідини не допускається зниження рівня випаровуваної рідини нижче встановленого нормами;

– при використанні зрідженого газу як холодоагенту, не допускається відключати охолоджувальні пристрої реактора від загальної системи охолодження без попереднього зливання зрідженого газу;

– при включенні в роботу системи охолодження реакторів із зрідженим газом, арматуру на лінії його подачі необхідно відкривати поступово, щоб уникнути переохолодження стінок апаратів і їх пошкодження;

– стан стінок реакторів з агресивними середовищами повинен контролюватися шляхом огляду і виміру величини зносу металу;

– у випадку відкладення твердих продуктів на внутрішніх поверхнях обладнання і трубопроводів, їх забивання, у тому числі й пристроїв аварійного зливу з технологічних систем, передбачаються контроль за наявністю цих відкладень і заходи щодо їх безпечного видалення;

– дозування компонентів у реакційних процесах має бути переважно автоматичним і здійснюватися в послідовності, що виключає можливість утворення всередині апаратури вибухонебезпечних сумішей або некерованого ходу реакцій;

– використання залишкового тиску середовища в реакторі періодичної дії для передавлювання реакційної маси в інший апарат допускається в окремих випадках, коли існує обґрунтування;

– апаратура рідкофазних процесів оснащується системами контролю і регулювання в ній рівня рідини і (або) засобами автоматичного відключення подачі цієї рідини до апаратури при перевищенні заданого рівня або іншими засобами, що виключають можливість переливу;

– реакційні апарати вибухонебезпечних технологічних процесів із перемішувальними пристроями, як правило, оснащуються засобами автоматичного контролю за надійною роботою і герметичністю ущільнень валів мішалок, а також блокуваннями, що запобігають можливості завантаження до апаратури продуктів при непрацюючих перемішувальних пристроях у тих випадках, коли це потрібно за умовами ведення процесу і забезпечення безпеки. Засоби контролю і системи блокувань визначаються при проектуванні;

– реакційна апаратура, в якій відведення надмірного тепла реакції при теплопередачі через стінку здійснюється за рахунок випаровування охолоджуючої рідини (холодоагенту), оснащується засобами автоматичного контролю, регулювання і сигналізації рівня холодоагенту в теплообмінних елементах;

– при розробленні реакційних процесів отримання або застосування продуктів, що характеризуються високою вибуховою і пожежною небезпекою (ацетилену, етилену при високих значеннях параметрів, піроксидних, металоорганічних сполук та ін.), схильних до термічного розкладання або мимовільної спонтанної полімеризації, саморозігріву, а також здатних займатися або вибухати при взаємодії з водою і повітрям, мають передбачати додаткові заходи пожежної безпеки з урахуванням цих властивостей;

- при застосуванні в реакційних процесах речовин і матеріалів, здатних до самозаймання в середовищі повітря, мають передбачатися заходи, що виключають або гальмують процес їх окислення (запобігання дії на них повітря, зменшення поверхні окислення за допомогою ущільнення маси, примусове охолодження, введення інгібіторів, що гальмують процес окиснення);

- при застосуванні каталізаторів, зокрема металоорганічних, які при взаємодії з киснем повітря і (або) водою можуть самозайматися і (або) вибухати, необхідно передбачати заходи, котрі виключають можливість подачі в систему сировини, матеріалів і інертного газу, що містять кисень і вологу в кількостях, які перевищують гранично допустимі значення;

- для виключення можливості перегріву речовин, їх самозаймання або термічного розкладання з утворенням вибухопожежонебезпечних продуктів у результаті контакту з нагрітими елементами апаратури, визначаються і регламентуються температурні режими, оптимальні швидкості переміщення продуктів, гранично допустимий час перебування їх у зоні високих температур та інші заходи;

- відкриття реакторів у разі їх зупинки допускається після зменшення надмірного тиску, зливання горючої рідини, видалення горючої пари і газів, продування внутрішнього об'єму інертним газом;

- вивантаження каталізатора з апарата можна проводити тільки після його регенерації (пасивації) і продування інертним газом;

- вивантаження відпрацьованого каталізатора, у складі якого можуть бути самозаймисті продукти розкладання, має проводитися в герметично закриті бункери, до яких має подаватися інертний газ;

- для відходів, що утворюються в процесі виробництва, мають бути визначені та регламентуватися способи їх обробки, утилізації або знищення.

### **Контрольні запитання**

1. Як класифікуються хімічні реактори?
2. Реактори періодичної дії.
3. Реактори напівбезперервної дії.
4. Реактори безперервної дії.
5. Ізотермічні реактори.
6. Адіабатичні реактори.

7. Реактори з програмованим тепловим режимом.
8. Реактори витіснення.
9. Реактори з перемішуванням.
10. Гомогенні реактори.
11. Гетерогенні реактори.
12. Як класифікують реактори за конструктивним виконанням теплообмінних пристроїв?
13. Чим визначається пожежна небезпека хімічних реакторів?
14. Коли може утворитися горюче середовище в хімічному реакторі?
15. Унаслідок чого виникають пошкодження (аварії) хімічних реакторів?
16. Експлуатація яких хімічних реакторів не допускається?
17. Що заборонено робити у реакторному відділенні?
18. Як правильно здійснювати завантаження порошкоподібних вибухопожежонебезпечних речовин?
19. Що необхідно робити при використанні металоорганічних каталізаторів?
20. Що необхідно забезпечити у реакторах, в яких відбувається перемішування вибухопожежонебезпечних речовин?
21. Що не допускається робити при використанні зрідженого газу як холодоагенту?
22. Як має здійснюватися дозування компонентів у реакційних процесах?
23. Чим оснащується апаратура рідкофазних процесів?
24. Чим оснащуються реакційні апарати вибухонебезпечних технологічних процесів із перемішувальними пристроями?
25. Чим оснащуються реакційна апаратура, в якій відведення надмірного тепла реакції при теплопередачі через стінку здійснюється за рахунок випаровування охолоджуючої рідини?
26. Які заходи мають передбачатися при застосуванні в реакційних процесах речовин і матеріалів, здатних до самозаймання в середовищі повітря?
27. Які заходи мають передбачатися при застосуванні каталізаторів, зокрема металоорганічних, які при взаємодії з киснем повітря і (або) водою можуть самозайматися і (або) вибухати?
28. Які заходи здійснюються для виключення можливості перегріву речовин, їх самозаймання або термічного розкладання з утворенням вибухопожежонебезпечних продуктів у результаті контакту з нагрітими елементами апаратури?
29. Коли допускається відкриття реакторів у разі їх зупинки?
30. Як має здійснюватися вивантаження відпрацьованого каталізатора, у складі якого можуть бути самозаймисті продукти розкладання?



## Для нотаток

[illegible]

*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до проведення практичних занять  
з дисципліни  
**«ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВ»**  
(для студентів 4-го курсу денної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці»)

Укладач **ФЕСЕНКО** Герман Вікторович

Відповідальний за випуск *В. І. Заіченко*

Редактор *О. Ю. Кригіна*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2012, поз. 256 М

Підп. до друку 22.06.2012

Друк на різнографі.

Зам. №

Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 2,0

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.